

# Flotacja łupka miedzionośnego w obecności metyloizobutylokarbinolu jako spieniacza i olejów jako zbieraczy

Rafał Więcewicz, Jan Drzymala

Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, jan.drzymala@pwr.edu.pl

---

## STRESZCZENIE

W artykule opisano wyniki badań wpływu wybranych zbieraczy apolarnych na flotację łupka miedzionośnego w obecności metyloizobutylokarbinolu jako spieniacza. Jako kolektora użyto heptanu, toluenu oraz sulfolanu. Łupek miedzionośny ulegał flotacji w obecności samego spieniacza, a dodatek węglowodoru polepszał wyniki flotacji tylko nieznacznie.

---

## WPROWADZENIE

Flotacja jest procesem przeprowadzanym w celu rozdzielania ziarn, które posiadają różną zdolność do powierzchniowego zwilżania wodą w obecności gazu. Flotacja, podobnie do innych procesów separacji, zależy od cech materiałowych nadawy, urządzenia flotacyjnego oraz sposobu jej prowadzenia. Głównym parametrem materiałowym jest hydrofobowość. Badania właściwości łupka miedzionośnego pochodzącego z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego wykazały, że jest on substancją naturalnie hydrofobową (Drzymala, 2014). Łupek miedzionośny, ulega łatwo flotacji w obecności samego spieniacza (Konieczny i inni, 2013), co wynika z jego hydrofobowego charakteru. W warunkach przemysłowych do flotacji polskiej rudy miedzi, która zawiera łupek, stosuje się jednak dodatkowo ksantogeniany jako substancje hydrofobizujące, z powodu obecności w rudzie siarczków.

Substancje hydrofobizujące, czyli kolektory, zwane także zbieraczami, stosowane są we flotacji w celu zwiększenia skuteczności oraz szybkości procesu. Jako kolektory stosuje się bardzo różne substancje. Na przykład reagenty apolarne są powszechnie stosowane jako kolektory przy flotacji węgla kamiennego, natomiast do flotacji rud siarczkowych najczęściej używa się substancje tiolowe (Drzymala, 2009). Istnieje szereg prac dotyczących flotacji rudy miedzi w obecności węglowodorów oraz spieniaczy (Bakalarz, 2012). Jednakże nie zdawano sobie sprawy z tego, że rudy te w znacznym stopniu ulegają wzbogacaniu flotacyjnemu w obecności już samych spieniaczy. Dlatego w tej pracy dokonano porównania flotacji łupka miedzionośnego w obecności samego spieniacza oraz po tym, jak dodano do układu flotacyjnego także zbieracz w postaci substancji apolarnej.

## MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w laboratoryjnej maszynie flotacyjnej typu mechanicznego Mechanobr, w celce o pojemności 0,25 dm<sup>3</sup> (Więcewicz, 2015). Zastosowaną nadawą była mieszanka łupka miedzionośnego pochodzącego z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego, a dokładnie z ZG Rudna oraz ZG Polkowice-Sieroszowice o średniej zawartości

miedzi wynoszącej 6,7%. Pełną charakterystykę badanych łupków miedzionośnych przedstawiono w pracy Bakalarz (2014).

Początkowo łupek rozdrobniono ręcznie za pomocą kowadła i młotka do rozmiarów umożliwiających jej rozdrobnienie w kruszarce. Kolejnym etapem było rozdrabnianie łupka w kruszarce szczękowej. Następnie materiał kilkakrotnie przepuszczono przez dezintegrator palcowy i przesiewano na sicie 100  $\mu\text{m}$ . Dzięki tym zabiegom uzyskano materiał o rozmiarze ziarn -100  $\mu\text{m}$ , który używano w prowadzonych badaniach.

Stosowanymi odczynnikami chemicznymi były trzy substancje apolarne oraz spieniacz. Jako spieniacz zastosowano 0,2% (2,16  $\text{g}/\text{dm}^3$ ) roztwór wodny metyloizobutylo-karbinolu ( $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$ ). Jako kolektory użyto trzech reagentów o różnej budowie chemicznej, a każdy z nich był stosowany przy różnych jego stężeniach. Były to heptan ( $\text{C}_7\text{H}_{16}$ ) z grupy alkanów w ilości (30  $\text{g}/\text{Mg}$ , 50  $\text{g}/\text{Mg}$  oraz 100  $\text{g}/\text{Mg}$ ), toluen (metylobenzen) ( $\text{C}_7\text{H}_8$ ) z grupy węglowodorów aromatycznych w ilości (30  $\text{g}/\text{Mg}$ , 100  $\text{g}/\text{Mg}$  oraz 200  $\text{g}/\text{Mg}$ ), a także sulfolan (sulfon tetrametylowy) ( $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2\text{S}$ ), heterocykliczny związek chemiczny z grupy sulfonów w ilości (200  $\text{g}/\text{Mg}$ , 1000  $\text{g}/\text{Mg}$ ) oraz 1000  $\text{g}/\text{Mg}$ .

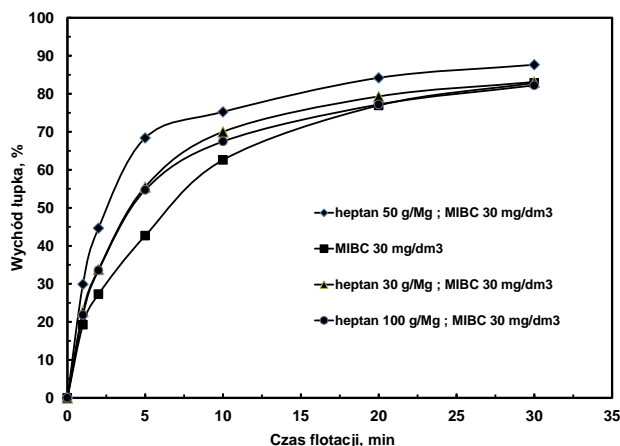
Wszystkie eksperymenty flotacyjne prowadzono w temperaturze pokojowej oraz przy naturalnym pH. Czas mieszania roztworu metyloizobutylokarbinolu (MIBC) z nadawą o masie 30 g wynosił 5 minut. Następnie do tak przygotowanej zawiesiny dodawano kolektor o odpowiednim stężeniu, po czym zawiesinę ponownie poddano mieszaniu przez 4 minuty. Po tych czynnościach przechodzono do właściwej flotacji poprzez odkręcenie zaworu doprowadzającego powietrze do komory maszynki laboratoryjnej. Na powierzchni tworzyła się piana, która ręcznie zbierano do szklanych miseczek za pomocą zbieraka. Flotacja trwała 30 minut. W trakcie trwania każdej flotacji separowano sześć koncentratów flotacyjnych oraz odpad flotacyjny. Kolektor dodawany był jednorazowo przed początkiem flotacji, natomiast celkę maszynki flotacyjnej na bieżąco dopełniano wcześniej przygotowanym roztworem MIBC. Wszystkie uzyskane produkty wraz z odpadem poddano suszeniu w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 105  $^{\circ}\text{C}$  przez minimum 24 godziny. Po wysuszeniu materiał ważono, pakowano do woreczków foliowych oraz wykonywano obliczenia wychodów

## WYNIKI I DYSKUSJA BADAŃ

W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano informacje o kinetyce flotacji w postaci zależności wychodu łupka od czasu flotacji oraz wychodu po 30 minutach flotacji, który dzięki obserwowanemu plateau flotacji jest także maksymalnym wychodem łupka. Przeprowadzone badania miały na celu określenie wpływu dodatku zbieracza do bezkolektorowej jego flotacji za pomocą MIBC jako spieniacza. Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 1-3. Rysunek 1. obrazuje kinetykę flotacji w obecności heptanu, rys. 2. w obecności toluenu, a rys. 3. w obecności sulfolanu.

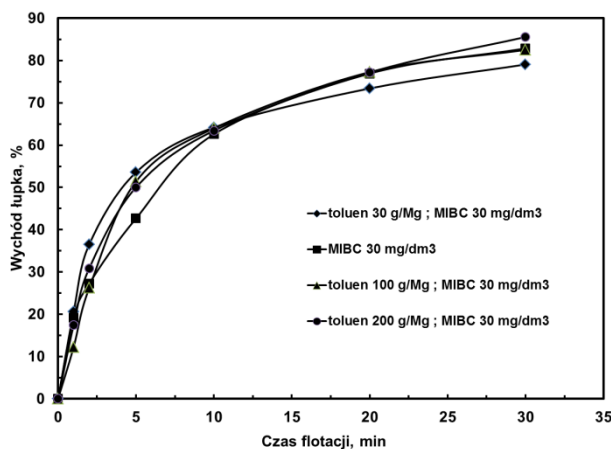
Na rysunkach przedstawiono zależności wychodu w funkcji czasu dla badanego stężenia odczynnika zbierającego. Otrzymane wyniki sugerują, że niezależnie od rodzaju oraz stężenia kolektora, wychód produktu pianowego zależy głównie od ilości spieniacza użytego we flotacji. Każdy z badanych odczynników zbierających nie ma, lub ma niewielki wpływ, na wychód po 30 minutach flotacji. Na przykład we flotacji łupka z użyciem sulfolanu jako kolektora oraz MIBC w ilości 30  $\text{mg}/\text{dm}^3$  (rys. 3) wychód maksymalny przy użyciu samego odczynnika pianotwórczego wynosi 83% i nieznacznie różni się od wychodu flotacji, w której do takiej samej ilości MIBC dodano sulfolanu w ilości 200  $\text{g}/\text{Mg}$  oraz 1000  $\text{g}/\text{Mg}$  (87,7%). Natomiast przy zastosowaniu samego odczynnika zbierającego w ilości 1000  $\text{g}/\text{Mg}$  flotacja przebiegła znacznie słabiej, gdyż wychód wyniósł tylko 64%.

Kolejnym wnioskiem, który można wysunąć na podstawie analizy wyników badań, jest poprawa szybkości flotacji wraz ze wzrostem stężenia odczynnika zbierającego do chwili osiągnięcia wartości granicznej stężenia, przy którym szybkość flotacji zaczyna maleć. W dwóch z trzech badanych przypadków zaobserwowano pewny ilościowy pułap stężenia odczynnika zbierającego przy, którym szybkość flotacji zaczyna spadać (rys. 1 oraz 2). Na podstawie wykonanych badań można przypuszczać, że w trzecim przypadku, to jest przy zastosowaniu sulfolanu, nie zaobserwowano tego zjawiska z powodu nie dotarcia do wartości granicznej stężenia lub z powodu wyjątkowego charakteru odczynnika (całkowita rozpuszczalność w wodzie), jakim jest sulfolan.



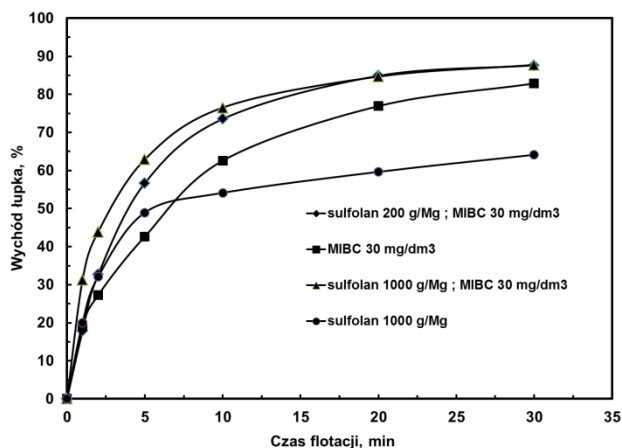
Rysunek 1.

Wykres kinetyki flotacji łupka miedzionośnego w obecności heptanu oraz MIBC



Rysunek 2.

Wykres kinetyki flotacji łupka miedzionośnego w obecności toluenu oraz MIBC



Rysunek 3.

Wykres kinetyki flotacji łupka miedzionośnego w obecności sulfolanu oraz MIBC

## PODSUMOWANIE

W pracy badano wpływ substancji apolarnych jakimi są heptan, toluen oraz sulfolan, użytych jako speniacze, na flotacji łupka miedzionośnego pochodzącego z Legnicko – Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że odczynniki apolarne, niezależnie od stężenia, nie poprawiają skuteczności flotacji, co do wartości jej wychodu. Obserwuje się jedynie niewielki wzrost szybkości flotacji wraz ze wzrostem stężenia zbieracza, aż do momentu osiągnięcia wartości granicznej, przy której szybkość procesu zaczyna spadać.

## PODZIĘKOWANIA

Praca powstała w oparciu o inżynierską pracę dyplomową jednego z autorów (R. Więcewicz) oraz częściowo w ramach zlecenia statutowego Politechniki Wrocławskiej S 50167.

## LITERATURA

- BAKALARZ A., 2012. *Zastosowanie odczynników apolarnych w procesie flotacji mineralów siarczkowych*. Rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnicztwa i Geologii.
- BAKALARZ A., 2014. *Charakterystyka chemiczna i mineralogiczna łupków pochodzących z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego*. W: Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 2014, 13-18.
- DRZYMAŁA J., 2009. *Podstawy mineralurgii*, wyd. 2. zm., Ofic. Wyd. PWr, Wrocław.
- DRZYMAŁA J., 2014. *Flotometryczna hydrofobowość łupka miedzionośnego*. W: Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 2014, 77-82.
- KONIECZNY A., PAWŁOS W., KRZEMINSKA M., KAŁETA R., KURZYDŁO P., 2013. *Evaluation of organic carbon separation from copper ore by pre-flotation*. Physicochem. Probl. Miner. Process., 49(1), 189–201.

- WIĘCEWICZ R.P., 2015. *Flotacja łupka miedzionośnego olejami*. Praca dyplomowa inżynierska, opiekun J. Drzymała, Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii.
- WITECKI K., DUCHNOWSKA M., KOWALCZUK P.B., 2014. *Wielkość flotujących ziarn łupka miedzionośnego w obecności spieniaczy*. W: Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 2014, 83-90.